

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application:

2003年10月31日

出願番号
Application Number:
[ST. 10/C]:

特願2003-373059
[JP2003-373059]

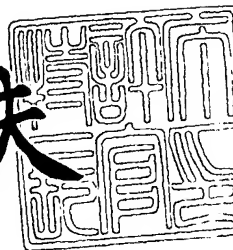
願人
Applicant(s):

浜松ホトニクス株式会社

2004年 3月29日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3025

【書類名】 特許願
【整理番号】 2003-0690
【提出日】 平成15年10月31日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 21/02
【発明者】
 【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社
 内
 【氏名】 寺田 浩敏
【発明者】
 【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社
 内
 【氏名】 荒田 育男
【発明者】
 【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社
 内
 【氏名】 坂本 繁
【特許出願人】
 【識別番号】 000236436
 【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100088155
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 長谷川 芳樹
【選任した代理人】
 【識別番号】 100092657
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 寺崎 史朗
【選任した代理人】
 【識別番号】 100124291
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 石田 悟
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 014708
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

観察対象物に取り付けられ、前記観察対象物における観察対象物体を検査する固浸レンズであって、

前記観察対象物に対する取付面が、トロイダル形状に形成されていることを特徴とする固浸レンズ。

【請求項 2】

前記観察対象物における被取付面を X-Y 平面と設定したときに、前記トロイダル形状における X 方向の曲率半径と、前記 X 方向の曲率半径よりも大きい Y 方向の曲率半径との割合が、 $1:3 \sim 1:\infty$ とされている請求項 1 に記載の固浸レンズ。

【請求項 3】

前記観察対象物に対する取付面が、シリンドリカル形状に形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の固浸レンズ。

【請求項 4】

前記観察対象物に対する取付面が、親水処理されていることを特徴とする請求項 1～3 に記載の固浸レンズ。

【請求項 5】

電子デバイスの画像を取得して、その内部情報を検査する電子デバイス検査装置であって、

検査対象となる電子デバイスの画像を取得する画像取得手段と、

前記電子デバイスからの光が入射する対物レンズを含み、前記電子デバイスの画像を前記画像取得手段へと導く光学系と、

請求項 1～4 のいずれかに記載の固浸レンズと、
を備えることを特徴とする電子デバイス検査装置。

【請求項 6】

両親媒性分子を含有する光学密着液を滴下するための光学密着液滴下装置をさらに備えることを特徴とする請求項 5 に記載の半導体検査装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】固浸レンズ

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子デバイスの故障解析や信頼性評価に用いられる電子デバイス検査方法などに用いられる固浸レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

電子デバイス検査装置としては、従来、エミッション顕微鏡や I R - O B I R C H 装置などが知られている（特許文献 1，2 参照）。しかしながら、近年、検査対象となる電子デバイスの微細化が進んでおり、可視光、赤外光、あるいは熱線を使用した従来の検査装置では、光学系での回折限界に起因する制限により、微細構造の解析が困難になってきている。

【0003】

このため、このような電子デバイスの微細構造について解析を行って、電子デバイス中に形成されたトランジスタや配線などの回路パターンに発生した異常個所を検出する場合、まず、可視光、赤外光、または熱線を使用した検査装置によって異常個所が存在する範囲をある程度まで絞り込む。そして、その絞り込まれた範囲について、より高分解能な電子顕微鏡などの観察装置を用いて観察を行うことで、電子デバイスでの異常個所を検査する方法が用いられている。

【0004】

上記したように、光を使用した検査を行った後に電子顕微鏡で高分解能の観察を行う方法では、検査対象となる電子デバイスの準備、設置が複雑であるなどの理由により、電子デバイスの検査に大変な手間と時間とを要するという問題がある。

【0005】

一方、観察対象の画像を拡大するレンズとして、固浸レンズ（S I L : Solid Immersion Lens）が知られている。固浸レンズは、一般的には半球形状、またはワイエルストラス球と呼ばれる超半球形状のレンズとして知られる。この固浸レンズを観察対象物の表面に光学的に結合させて設置すれば、開口数 N A および倍率をとともに拡大することができ、高い空間分解能での観察が可能となる。このような固浸レンズを用いた半導体検査装置としては、たとえば特許文献 3、4 に記載されたものがある。

【特許文献 1】特開平 7-190946 号公報

【特許文献 2】特開平 6-300824 号公報

【特許文献 3】特公平 7-18806 号公報

【特許文献 4】米国特許第 6594086 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記特許文献 3 に開示された固浸レンズは、平凸レンズ（p l a n o - c o n v e x l e n s）であって、観察対象物に対する取付面（底面）が平面である。固浸レンズを用いた観察においては、固浸レンズと半導体基板との間に隙間が発生すると、臨界角以上の入射光が全反射されて、臨界角以下の入射光しか伝搬できなくなり、実効的な開口数が臨界角で制限されることになる。ところが、固浸レンズと半導体基板裏面との間の隙間が、半導体中の光の波長と同程度になると、光はエバネッセント結合により伝搬することが可能になる。

【0007】

しかし、平凸レンズと半導体基板裏面と隙間には、広い対峙領域に起因して、隙間の大きな部分が存在し、このような隙間が大きな部分では、透過光強度が急激に低下して、臨界角以下の入射光しか伝搬できなくなり、実効的な開口数が制限されてしまう。このように、平凸レンズを用いた検査では、平凸レンズ底面の面精度が高精度であることが要求さ

れるため、製造コストの増大を招来する。さらに、半導体基板に対しても、接触面の面精度が要求されるため、半導体デバイスを検査するための前処理（半導体基板の研磨）において多大な労力を要するといった問題点がある。

【0008】

加えて、平凸レンズ底面および基板における接触面の面精度を高精度にできたとしても、これらを光学的に結合させる際には、空気の流動抵抗が高いため、光学的結合を得るまでに長時間を要するといった問題点もある。

【0009】

そこで、上記特許文献3においては、固浸レンズ本来の分解能を得る手法として、平凸レンズと観察対象物との間に高屈折率流体を介在させることにより、屈折率整合を利用するものを記載する。この手法は屈折率整合を利用するものであって、エバネッセント結合を利用するものとは異なる。高屈折率整合流体の代表的なものとして、砒素トリプロマイド／ジサルファイド／セレン化合物系が挙げられるが、砒素トリプロマイドは毒性と腐食性を有するので、取り扱いの上で問題がある。

【0010】

また、上記特許文献4に開示された固浸レンズでは、*b i - c o n v e x*レンズである。このレンズでは、取付面が観察対象物と点で接触する凸状であるために（*p o i n t o f c o n t a c t*）、平凸レンズに比して光学的結合性の確保に有利と考えられる。しかし、観察対象物との接触面積が非常に小さいので、観察対象となる半導体デバイスの基板が厚くなると、*N A*の高い光束を通すことができなくなるので、固浸レンズ本来の高解像度、高集光性を得ることができないという問題があった。

【0011】

この固浸レンズと観察対象物とを広い面積で密着させるためには、固浸レンズの底面と観察対象物との間に圧力を加える必要がある。ここで、図8に示すように、レンズの曲率半径が小さくなるにつれて密着に必要な圧力が高くなる。図8では、固浸レンズの底面の径2mmまでを、観察対象物の平面部に密着させるために必要な圧力を示している。固浸レンズを用いた半導体デバイスの裏面解析においては、取り扱い時の強度も十分に考慮して半導体基板へ圧力を加えなければならない。過度の圧力を加えた場合、半導体基板表面に形成された集積回路にダメージを与えるおそれがあるからである。半導体デバイスの薄肉化という傾向を踏まえると、*b i - c o n v e x*レンズでは、固浸レンズ本来の分解能を得られない。

【0012】

また、圧力により半導体デバイスに歪みが生じるが、この状態は、半導体デバイスの実装状態と異なるため、実装状態と同様の動作条件で検査したいという要求を満たすことができない。歪みの生じた状態では、検査本来の目的と相反する結果を招来する可能性さえある。

【0013】

さらに、このレンズでは、その形状上の特性から、半導体基板との位置関係が一意に定まらないという問題がある。半導体基板の接触面に対して傾いて取り付けられた場合、固浸レンズ底面の中央部の光学的結合は得られない。これを避けるためには、固浸レンズの精密な位置制御が必要となり、装置の大型化、高コスト化を招く。

【0014】

そこで、本発明の課題は、開口数の高い光束を通すことができ、さらには、観察対象物に光学的に結合させる際に、位置制御が容易な固浸レンズを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記課題を解決した本発明に係る固浸レンズは、観察対象物に取り付けられ、観察対象物における観察対象物を拡大観察する固浸レンズであって、観察対象物に対する取付面が、トロイダル形状に形成されているものである。

【0016】

本発明に係る固浸レンズは、観察対象物に対する取付面がトロイダル形状に形成されている。具体的には、固浸レンズの底面が、光軸対象回転面でない非球面（トロイダル面）であって、その1軸（母軸）で観察対象物に光学的に結合する形状をなすものである。光学的な結合に適切な形状をなす母軸は、直線または曲率半径の大きな円弧である。他方、他軸は、光学的な結合に好適な形状をなす母軸に比して曲率半径の小さな円弧であり、固浸レンズの取付け・取外しに好都合な形状をなす。なお、本発明では、光学的な結合に適切な形状をなす母軸が直線であり、他軸が円弧である曲面、すなわちシリンドリカル形状（シリンドリカル面）をもトロイダル形状（トロイダル面）に含むものである。

【0017】

このため、光学的に結合した領域は、直線または曲率半径の大きな円弧をなす母線に沿って帯状に現れるので、NAの高い光束を通すことができる。また、固浸レンズをその底面の母軸に沿って観察対象物に接触させているので、固浸レンズの位置制御が容易になる。さらには、観察後、固浸レンズに対して母線の側方からの極微弱な力により光学的結合を解除することができるので、固浸レンズの取外しに際し、観察対象物および固浸レンズを破損するおそれがない。

【0018】

ここで、観察対象物における被取付面をX-Y平面と設定したときに、トロイダル形状におけるX方向の曲率半径と、X方向の曲率半径よりも大きいY方向の曲率半径との割合が、 $1:3 \sim 1:\infty$ とされている態様とすることができる。

【0019】

この範囲の曲率半径となるトロイダル形状とすることにより、光学的に結合した領域は、曲率半径の大きな円弧をなすY方向に沿って帯状に現れるので、NAの高い光束を通すことができる。また、固浸レンズをその底面のY方向に沿って観察対象物に接触させているので、固浸レンズの位置制御が容易になる。さらには、観察後、固浸レンズに対してY方向の側方からの極微弱な力により光学的結合を解除することができるので、固浸レンズの取外しに際し、観察対象物および固浸レンズを破損するおそれがない。

なお、トロイダル形状のX方向の曲率半径と、X方向の曲率半径よりも大きいY方向の曲率半径との割合が、 $1:3 \sim 1:\infty$ としたのは、Y方向の曲率半径がX方向の曲率半径の3倍未満では、観察対象物に密着させる際の光学的結合性が不十分になってしまうおそれがあるからである。また、トロイダル形状のX方向の曲率半径とY方向の曲率半径とが $1:\infty$ となると、トロイダル形状はシリンドリカル形状となる。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、位置制御が容易で、かつ、NAの高い光束を通すことができ、さらには観察対象物および自身を破損するおそれがない固浸レンズを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、図面を参照して、本発明の好適な実施形態について説明する。なお、各実施形態において、同一の機能を有する部分については同一の符号を付し、重複する説明は省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0022】

図1は、本実施形態に係る固浸レンズを半導体基板に取り付けた状態を示す図であり、(a)は側面図、(b)は裏面図である。

【0023】

本実施形態に係る固浸レンズ1は、観察対象（検査対象）となる半導体デバイスの基板に取り付けられて用いられる。固浸レンズを用いた半導体デバイスの裏面解析においては、固浸レンズを半導体基板に光学的に結合させることにより、半導体基板自身を固浸レンズの一部として利用する。この手法によれば、対物レンズの焦点を半導体基板表面に形成された集積回路に合わせた際、固浸レンズの効果により、焦点位置が大気中より深くならないようにすることができるので、実効的な開口数の低下が抑えられ、短波長化による高

分解能化が期待できる。

【0024】

図1に示すように、本実施形態に係る固浸レンズ1は、球状部2および本発明の取付面となる底面部3を備えている。

【0025】

また、底面部3は、シリンдриカル（円筒）形状をなしている。この固浸レンズ1の底面部3は、観察対象物である半導体デバイスの基板（以下、「半導体基板」という）10の裏側表面に密着して取り付けられている、本発明の被取付面となる半導体基板10の表面は、平面状となっており、図1（b）に示すように、半導体基板10の表面に対応する面にX-Y座標を設定すると、固浸レンズ1における底面部3のX方向の曲率半径とY方向の曲率半径とが、1:∞とされている。また、固浸レンズ1の底面部3と半導体基板10との光学結合領域Pは、シリンдриカル面の母線に沿って帯状に現れる。

【0026】

さらに、固浸レンズ1の球状部2の形状は、収差がなくなる条件によって決められる。いま、固浸レンズ1の半径をR、屈折率をnとすると、半球状を有する固浸レンズ1は、その球心が無収差物点となり、このときに開口数NAおよび倍率はともにn倍となる。一方、超半球状を有する固浸レンズでは、球心からR/nだけ下方にずれた位置が無収差物点となり、このときに開口数NAおよび倍率はともにn²倍となる。あるいは、球心と、球心からR/nだけ下方にずれた位置との間の位置を焦点とするなど、半導体デバイスSに対する具体的な観察条件等に応じて、固浸レンズ1を設置してもよい。

【0027】

また、半導体デバイスの検査を行う際、本発明の固浸レンズの材料としては、半導体デバイスの基板材料と実質的に同一またはその屈折率に近い、高屈折率の疎水性材料が好適に用いられる。その例としては、Si、GaP、GaAsなどが挙げられる。なお、基板がガラスや、プラスチックからなる場合、固浸レンズ材料としては、ガラスまたはプラスチックが好適に選択される。

【0028】

次に、本実施形態に係る固浸レンズを用いた半導体デバイスの検査方法とともに、本実施形態に係る固浸レンズの作用について説明する。この検査方法に用いられる半導体検査装置は、たとえばトランジスタや配線などからなる回路パターンがSiからなる半導体基板上に形成された半導体デバイスを検査対象とし、半導体デバイスの画像を取得して、その内部情報を検査する検査装置である。

【0029】

まず、半導体デバイスの検査方法に用いられる検査装置について説明する。図2は、本実施形態に係る固浸レンズを有する半導体検査装置のブロック構成図である。

【0030】

図2に示すように、本実施形態に係る半導体検査装置は、半導体デバイスSの観察を行う観察部Aと、観察部Aの各部の動作を制御する制御部Bと、半導体デバイスSの検査に必要な処理や指示などを行う解析部Cとを備えている。また、本実施形態に係る半導体検査装置による検査対象となる半導体デバイスSは、観察部Aに設けられたステージ18上に載置されている。

【0031】

観察部Aは、暗箱（図示していない）内に設置された画像取得部4と、光学系5と、本実施形態に係る固浸レンズ1とを有している。画像取得部4は、たとえば光検出器や撮像装置などからなり、半導体デバイスSの画像を取得する手段である。また、画像取得部4と、ステージ18上に載置された半導体デバイスSとの間には、半導体デバイスSからの光による画像を画像取得部4へと導く光学系5が設けられている。

【0032】

光学系5には、その半導体デバイスSに対向する所定位置に、半導体デバイスSからの光が入射する対物レンズ20が設けられている。半導体デバイスSから出射、あるいは反

射等された光は対物レンズ20へと入射し、この対物レンズ20を含む光学系5を介して画像取得部4に到達する。そして、画像取得部4において、検査に用いられる半導体デバイスSの画像が取得される。

【0033】

画像取得部4と光学系5とは、互いに光軸が一致された状態で一体に構成されている。また、これらの画像取得部4および光学系5に対し、XYZステージ15が設置されている。これにより、画像取得部4および光学系5は、X、Y方向（水平方向）およびZ方向（垂直方向）それぞれで必要に応じて移動させて、半導体デバイスSに対する位置合わせおよび焦点合わせが可能な構成となっている。

【0034】

また、検査対象となる半導体デバイスSに対して、検査部16が設けられている。検査部16は、半導体デバイスSの検査を行う際に、必要に応じて、半導体デバイスSの状態制御等を行う。検査部16による半導体デバイスSの状態の制御方法は、半導体デバイスSに対して適用する具体的な検査方法によって異なるが、たとえば、半導体デバイスSに形成された回路パターンの所定部分に電圧を供給する方法、あるいは、半導体デバイスSに対してプローブ光となるレーザ光を照射する方法などが用いられる。

【0035】

また、観察部Aには、さらに固浸レンズ1が設置されている。半導体検査装置においては、この固浸レンズ1は、画像取得部4および光学系5と、ステージ18上に載置された半導体デバイスSとに対して移動可能に設置されている。具体的には、固浸レンズ1は、半導体デバイスSから対物レンズ20への光軸を含み、上記したように半導体デバイスSの表面に密着して設置される挿入位置と、光軸を外れた位置（待機位置）との間を移動可能に構成されている。

【0036】

さらに、固浸レンズ1に対し、固浸レンズ駆動部30が設けられている。固浸レンズ駆動部30は、固浸レンズ1を駆動して上記した挿入位置および待機位置の間を移動させる駆動手段である。また、固浸レンズ駆動部30は、固浸レンズ1の位置を微小に移動させることにより、光学系5の対物レンズ20に対する固浸レンズ1の挿入位置を調整する。なお、図1においては、対物レンズ20と半導体デバイスSとの間の挿入位置に設置された状態で固浸レンズ1を示している。

【0037】

半導体デバイスSを検査するための観察等を行う観察部Aに対し、制御部Bおよび解析部Cが設けられている。

【0038】

制御部Bは、観察制御部51と、ステージ制御部52と、固浸レンズ制御部53とを有している。観察制御部51は、画像取得部4および検査部16の動作を制御することによって、観察部Aにおいて行われる半導体デバイスSの観察の実行や観察条件の設定などを制御する。

【0039】

ステージ制御部52は、XYZステージ15の動作を制御することによって本検査装置における検査箇所となる画像取得部4および光学系5による半導体デバイスSの観察箇所の設定、あるいはその位置合わせ、焦点合わせ等を制御する。また、固浸レンズ制御部53は、固浸レンズ駆動部30の動作を制御することによって、挿入位置および待機位置の間での固浸レンズ1の移動、あるいは固浸レンズ1の挿入位置の調整等を制御する。

【0040】

解析部Cは、画像解析部61と、指示部62とを有している。画像解析部61は、画像取得部4によって取得された画像に対して必要な解析処理等を行う。また、指示部62は、操作者からの入力内容や、画像解析部61による解析内容等を参照し、制御部Bを介して、観察部Aにおける半導体デバイスSの検査の実行に関する必要な指示を行う。

【0041】

特に、本実施形態においては、解析部 C は、観察部 A に固浸レンズ 1 および固浸レンズ駆動部 30 が設置されていることに対応して、固浸レンズを用いた半導体デバイス S の検査に関して必要な処理および指示を行う。

【0042】

すなわち、対物レンズ 20 と半導体デバイス S との間に固浸レンズ 1 を挿入する場合、観察部 A において、画像取得部 4 は、固浸レンズ 1 が挿入位置にある状態で固浸レンズ 1 から反射光を含む画像を取得する。また、解析部 C において、画像解析部 61 は、画像取得部 4 で取得された固浸レンズ 1 からの反射光を含む画像について、その反射光像の重心位置を求めるなどの所定の解析を行う。そして、指示部 62 は、画像解析部 61 で解析された固浸レンズ 1 からの反射光を含む画像を参照し、固浸レンズ制御部 53 に対して、反射光像の重心位置が半導体デバイス S での検査箇所に対して一致するように、固浸レンズ 1 の挿入位置の調整を指示する。

【0043】

続いて、本実施形態に係る半導体デバイスの検査方法について説明する。

【0044】

まず、検査対象である半導体デバイス S に対し、光軸を外れた待機位置に固浸レンズ 1 を設置した状態で観察を行う。ここでは、画像取得部 4 により、対物レンズ 20 を含む光学系 5 を介して、半導体デバイス S の観察画像である回路パターンのパターン画像を取得する。また、検査部 16 によって半導体デバイス S の状態を所定の状態に制御するとともに、半導体デバイス S の異常箇所を検出するための異常観察画像を取得する。

【0045】

次に、画像取得部 4 で取得されたパターン画像および異常観察画像を用いて、半導体デバイス S に異常箇所があるかどうかを調べる。異常箇所がある場合にはその位置を検出するとともに、検出された異常箇所を半導体検査装置による検査箇所として設定する（S103、検査設定ステップ）。そして、設定された検査箇所が画像取得部 4 によって取得される画像の中央に位置するように、XYZ ステージ 15 によって画像取得部 4 および光学系 5 を移動させる。

【0046】

続いて、半導体デバイス S における異常箇所と判断された検査箇所に固浸レンズ 1 を設置し、半導体デバイス S と対物レンズ 20 との間に固浸レンズ 1 を挿入するが、固浸レンズ 1 を設置する前に、検査箇所に光学密着液を滴下し、半導体デバイス S の検査箇所を濡らす。この光学密着液は、水に両親媒性分子を含有させたものからなる。光学密着液は、両親媒性分子を含有することから、疎水性表面である半導体基板上における表面張力を低下させる。この結果、疎水性表面での濡れ性が向上し、光学密着液が半導体デバイス S の上で広がる。

【0047】

ここで用いられる両親媒性分子としては、界面活性剤分子を用いるのが好適である。また、界面活性剤分子としては、イオン性界面活性剤分子および非イオン性界面活性剤分子を用いることもできる。イオン性界面活性剤としては、陽イオン性界面活性剤、陰イオン性界面活性剤、両性界面活性剤のいずれをも用いることができる。界面活性剤は、通常、湿潤剤、浸透剤、起泡剤、消泡剤、乳化剤、帯電防止剤等として様々な用途に用いられるが、本発明では濡れ性に関わる湿潤性を有するもののほか、泡を抑える消泡性、帯電を抑える帯電防止性を有するのが好適である。帯電防止能を有する界面活性剤を使用することにより、帯電による空気の抱きこみを防止することもできる。また、消泡性を有する界面活性剤を使用することにより、光学密着液を供給する時の機械的な搬送あるいは攪拌による泡の発生を防止することができる。

【0048】

また、界面活性剤の至適濃度範囲は、その界面活性剤の臨界ミセル濃度に対して、0 倍より大きく 400 倍以下とするのが好適である。400 倍より大きいと、光学密着液の粘性が上がりすぎる傾向にあり、かえって光学的な結合の妨げとなることがあるからである

。また、より好ましい範囲は、その界面活性剤の臨界ミセル濃度に対して、0.5～100倍である。0.5倍より小さいと、光学密着液の表面張力を十分に下げられない傾向にあり、100倍を超えると、光学密着液の粘性が上がりすぎる傾向にあるからである。同様の理由により、さらに好ましい範囲は、その界面活性剤の臨界ミセル濃度に対して、1倍～100倍の濃度の範囲である。

【0049】

なお、本実施形態で用いられる光学密着液は、界面活性剤分子を含有するものに限定されるものではなく、親水基（カルボキシル基、スルホ基、第4アンモニウム基、水酸基など）と疎水基（親油基ともいう。長鎖の炭化水素基など）の両方をもつ分子であってもよい。たとえば、グリセリン、プロピレングリコール、ソルビトールなどの湿潤剤や、リン脂質、糖脂質、アミノ脂質などが挙げられる。

【0050】

上記光学密着液を用いて半導体基板と固浸レンズとを光学的に結合させた状態では、半導体基板上に物理吸着した両親媒性分子の親水基と水分子との間にファンデルワールス力が働き、水分子が拘束されることで揮発が止まると考えられる。このとき、固浸レンズと半導体基板との距離は、例えば $1/20\lambda$ （ λ :照射波長）以下とすることができ、その結果、固浸レンズと半導体基板との光学密着、さらには物理的固着が達成される。なお、本発明にいう「光学密着」とは、半導体基板と固浸レンズとがエバネッセント結合により光学的な結合が達成された状態をいう。

【0051】

また、上記光学密着液以外の光学結合材料としては、例えば特公平7-18806号公報に記載のような、固浸レンズと半導体基板とを屈折率整合させる屈折率整合流体（インデックスマッチング液など）が挙げられる。なお、屈折率整合流体と光学密着液とは異なるものであり、前者は流体の屈折率を介して高NAを実現するが、後者はエバネッセント結合を補助する役割を有するものである。ここでは、光学密着液を用いた実施形態を詳述するが、屈折率整合流体を用いた形態であっても同様の効果が得られる。ただし、その場合、必ずしも流体を乾燥させる必要がないので、乾燥気体供給手段90は省略される形態もある。

【0052】

半導体基板上で光学密着液が広がったら、光学密着液が乾燥する前に、固浸レンズ1を設置し、半導体デバイスSと対物レンズ20との間に固浸レンズ1を挿入した後、固浸レンズ1の挿入位置の調整を行う。ここで、光学密着液は両親媒性分子を含有することから、半導体デバイスSの基板表面および固浸レンズ1の取り付け面に対して濡れ性を付与することができる。また、固浸レンズ1を設置する際には、固浸レンズ1の自重を利用する。したがって、微小な固浸レンズ1を半導体基板表面の所望の位置に、過度の圧力を加えることなく容易に設置することができる。まず、画像取得部4により、固浸レンズ1からの反射光を含む画像を取得する。固浸レンズ1の挿入位置の調整は、この画像に含まれる反射光像における固浸レンズ1の面頂からの反射光をガイドとして行われる。

【0053】

固浸レンズ1の挿入位置の調整を行うにあたり、画像解析部61では、固浸レンズ1からの反射光を含む画像に対して、自動で、または操作者からの指示に基づいて解析を行い、反射光像の重心位置を求める。また、指示部62では、固浸レンズ制御部53を介して固浸レンズ1および固浸レンズ駆動部30に対して、画像解析部61で得られた反射光像の重心位置が半導体デバイスSでの検査箇所に対して一致するように、固浸レンズ1の挿入位置の調整を指示する。これにより、固浸レンズ1の半導体デバイスSおよび対物レンズ20に対する位置合わせが行われる。

【0054】

さらに、指示部62は、上記した固浸レンズ1の挿入位置の調整と合わせて、ステージ制御部52を介してXYZステージ15に対して、固浸レンズ1が密着して設置されている半導体デバイスSと、光学系5の対物レンズ20との間の距離の調整を指示する。これ

により、固浸レンズ1が挿入された状態における焦点合わせが行われる。

【0055】

その後、固浸レンズ1にエアを吹き付けて光学密着液を蒸発、乾燥させて固浸レンズ1と半導体基板とを光学的に密着させる。固浸レンズ1における底面部3は、シリンドリカル形状に形成されていることから、固浸レンズ1は半導体デバイスSに対して線接触する。具体的には、図3(a)に示すように、X方向には点でのみ接触し、図3(b)に示すように、Y方向に沿っては全体的に接触する。なお、図3においては、固浸レンズ1と半導体デバイスSとの接触位置を波線で示している。

【0056】

また、たとえば、固浸レンズの底面部が半導体基板と1点で接触するように形成されていると、固浸レンズの底面部と半導体基板とを広い面積で密着させるためには、高い圧力を加える必要が生じる。ところが、本実施形態に係る固浸レンズ1では、底面部3がシリンドリカル形状に形成されている。またエバネッセント結合を補助する光学密着液を使用している。このため、固浸レンズ1に高い圧力を加えることなく、たとえば固浸レンズ1の自重のみで底面部3と半導体デバイスSとを帯状に光学的な結合させることができ、さらには物理的な固着を実現することができる。したがって、半導体デバイスに過度の圧力を加えなくとも光学密着を得られるので、半導体デバイスSを破損する危険性がない。

【0057】

さらに、本実施形態に係る固浸レンズ1では、底面部3がシリンドリカル形状に形成されていることから、中心の1軸(母軸)方向は必ず半導体デバイスSに線接触することになる。これに対して、たとえば底面部が半導体基板と1点で接触するように形成されている**bi-convex**レンズの場合には、固浸レンズが傾いて半導体基板に設けられたときに、中心部が光学的に結合しないことになる。したがって、本実施形態に係る固浸レンズ1では、中心部における光学結合性を良好なものとすることができる。また、固浸レンズの半導体基板との接触面積が1点接触のものに比して大きいので、半導体デバイスSの基板が厚い場合であっても、高いNAの光束を確保することができる。さらには、位置決めが容易になる。

【0058】

しかも、本実施形態に係る固浸レンズ1では、底面部3がシリンドリカル形状に形成されていることから、光学密着液の蒸発を短時間で済ませることができる。この点について、図4を参照して説明すると、たとえば図4(b)に示すように、底面部が平面状である固浸レンズ(平凸レンズ)6を用いた場合、光学密着液Wは、固浸レンズ6と半導体デバイスSとの間に挟まれ、横方向にしか蒸発に寄与する開放面がないので、蒸発に時間がかかる。

【0059】

これに対して、図4(a)に示すように、本実施形態に係る固浸レンズ1では、底面部3がシリンドリカル形状に形成されていることにより、光学密着液Wは、広い範囲に向けて蒸発する。このため、短時間で蒸発を済ませることができ、固浸レンズ1と半導体デバイスSとを素早く密着固定させることができる。

【0060】

さらに、固浸レンズ1の底面部3におけるシリンドリカル形状の軸方向に対する側方からエアを吹き付けることにより、より素早く光学密着液を蒸発させることができる。

【0061】

こうして、固浸レンズ1を半導体デバイスSに密着させたら、固浸レンズ1を含む光学系を介して、拡大された半導体基板の観察画像を取得する。観察画像は、半導体デバイスからの光が画像取得部4に導かれることによって取得される。

【0062】

また、観察画像を取得する際、半導体デバイスSからの光は、半導体デバイスSと固浸レンズ1との光学密着部分を通過する。ここで、固浸レンズ1は、少なくともY方向で半導体デバイスSとは確実に密着しているので、中心部の密着を確実に得ることができる。

このため、図5に示すように、図5(a)に示すように、X方向に向けた光Lは、固浸レンズの取り付け面と半導体基板との間の隙間が、半導体中の光の波長より大きくなる領域については、臨界角以上の入射光が全反射されることにより、固浸レンズ1の通過量が小さい。これに対して、図5(b)に示すように、Y方向に向けた光は確実に固浸レンズ1を通過する。このように、固浸レンズ1を通過する光の方向を安定させることもできる。

【0063】

こうして観察画像を取得したら、拡大観察画像を取得した後、半導体デバイスSにおける固浸レンズ1を取り付けた位置の周辺に、光学密着液の溶媒（以下「溶媒」という）を滴下して固浸レンズ1の取り付け位置を濡らす。溶媒を滴下することにより、半導体デバイスSと固浸レンズ1との間にこの溶媒が浸入し、半導体デバイスSと固浸レンズ1との間の光学的結合および物理的固着が解かれる。

【0064】

このとき、固浸レンズ1の底面部3はシリンドリカル形状に形成されており、半導体デバイスSとの間に開放面を有している。このため、固浸レンズ1と半導体デバイスSとを分離させる際に、溶媒の浸透が速くなり、固浸レンズ1と半導体デバイスSとの分離を短時間で行うことができる。

【0065】

このようにして、溶媒を用いて半導体デバイスSと固浸レンズ1との間の物理的固着を解くことにより、ごく弱い力で固浸レンズ1を剥がすことができるので、半導体デバイスSを傷つけないようにすることができる。また、固浸レンズ1をも傷つけないようにすることができるので、固浸レンズ1を長期にわたって利用することもできる。なお、ここでは溶媒を滴下しているが、光学密着液を滴下させても、半導体デバイスSと固浸レンズ1とを傷つけることなく、半導体デバイスSと固浸レンズ1との光学的密着および物理的固着を解くことができる。

【0066】

こうして検査箇所の検査が済んだら、固浸レンズ1を他の検査箇所または待機位置に移動させ、検査箇所の検査が終了する。

【0067】

このように、本実施形態に係る半導体デバイスの検査方法では、固浸レンズ1として、その底面部3がシリンドリカル形状を形成しているものを用いている。このため、平凸レンズに比して、固浸レンズ1を半導体デバイスSに対して短時間で光学密着させ、また分離させることができる。また、固浸レンズ1と半導体デバイスSとの間で高い密着性を得ることができる。さらには、半導体デバイスSの破損を防止することができる。

【0068】

以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明に係る固浸レンズとしては、底面がシリンドリカル形状のものに限られず、他のトロイダル形状に形成された態様とすることもできる。ここで、半導体デバイスのX-Y平面において、トロイダル形状の曲率が大きくなる方向をY方向に設定したとき、トロイダル形状の曲率は、X方向の曲率半径と、Y方向の曲率半径との割合が1:3～1:∞の範囲となるように設定するのが好適である。Y方向の曲率半径がX方向の曲率半径の3倍未満では、半導体デバイスに密着させる際の物理的な固着度、または光学的性能の何れかが不十分になってしまうからである。

【0069】

以上の実施形態では、半導体デバイスSと固浸レンズ1との間における光学密着液に両親媒性分子を含有させるものとしたが、これに代えて、固浸レンズ1における半導体デバイスSとの取り付け面に親水処理を施すようにすることもできる。

【0070】

光学密着液が両親媒性分子を含有することにより、濡れ性が向上するのは、疎水性である表面に親水基が付着することに起因する。このため、光学密着液が両親媒性分子を含有していない場合でも、固浸レンズ1の半導体デバイスSとの取り付け面および半導体デバ

イスSの固浸レンズ1との取り付け面が、疎水性であったとしても、これらの面に親水基を付着させる親水処理を施すことにより、濡れ性を向上させることができる。なお、半導体デバイスSの表面がもともと親水性である場合には、その表面は親水処理しなくとも、濡れ性を確保することができる。

【0071】

こうして、固浸レンズ1および半導体デバイスSのそれぞれの取り付け面に濡れ性を付与することにより、両親媒性分子を含有する光学密着液を用いた場合と同様、半導体デバイスSの基板上における所望の検査箇所に光学密着液を的確にとどめることができる。また、半導体デバイスSと固浸レンズ1との光学的な密着性を、過度の圧力を加えることなく確実なものとすることができる。

【0072】

固浸レンズ1や半導体デバイスSに親水処理を施す方法としては、親水基を物理吸着させて一時的に付着させる方法がある。親水基を物理吸着させる具体的な方法としては、親水処理を施す面に、界面活性剤や、アミノ酸、タンパク質などの両親媒性分子の水溶液を塗布し、乾燥させる方法などがある。また、親水処理を施す方法としては、親水基を化学吸着させて表面改質を行う方法もある。親水基を化学吸着させる方法としては、UV（紫外）光を照射する方法、ウェットプロセスによる方法（たとえば、硫酸と過酸化水素と水とを加えた溶液を塗布する）、さらにドライプロセスによる方法（たとえばイオンビームを照射する）などの方法がある。

【0073】

以上、本発明の好適な例について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。たとえば、上記実施形態では、両親媒性分子を含有する光学密着液を操作者が滴下するようにしているが、光学密着液滴下装置を別途設ける態様とすることもできる。また、光学密着液を乾燥させるためのエア吹き付け装置や、吸水シート押し付け装置などを設ける態様とすることもできる。さらに、半導体デバイスを濡らす手段としては、光学密着液を滴下する態様のほか、光学密着液を薄く伸ばして塗る態様、噴霧する態様、蒸気で湿らす態様など、種々の態様とすることもできる。この場合、光学密着液の乾燥が早いので、乾燥を促す作業を省くことができる。

【0074】

また、上記実施形態に示す半導体検査装置のほか、高感度カメラを用いたエミッション顕微鏡、OBIRCH解析装置、時間分解エミッション顕微鏡、熱線画像解析装置などによる検査を行う場合にも、本発明の固浸レンズを用いることもできる。

【実施例】

【0075】

次に、本発明の実施例について説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

【0076】

〔実験1〕

実験1では、固浸レンズを半導体デバイスに光学的に密着させた状態における検査時の半導体デバイスの輝度および観察後における固浸レンズと半導体デバイスとの分離容易性を測定した。この実験は、上記実施形態で説明した固浸レンズ1を用いた実施例と、従来の固浸レンズを用いた比較例とについて行った。従来の固浸レンズの取付面は、面粗度が良好な平面とされている（平凸レンズ）。

【0077】

ここで、実施例に係る固浸レンズとしては、X方向の曲率半径とY方向の曲率半径とはおよそ1:4である。

【0078】

この実験の手順を説明すると、まず固浸レンズと、半導体デバイスとを界面活性剤を含有する水（以下、光学密着液という。）で密着させ、図2に示す半導体検査装置で輝度を測定した。続いて、半導体基板における固浸レンズが取り付けられている部分に光学密着

液Wを滴下した後、図6に示すように、半導体デバイスSを2秒周期で角度 $\theta \approx 30^\circ$ で左右交互に傾けるようにして動かし、固浸レンズ1が動き出すまでの時間を測定した。この実験を複数回行った。

【0079】

この実験の結果において、半導体デバイスを傾けてはじめてから20秒以内に固浸レンズ1が動き出す確率を求めた。その結果を表1に示す。

【0080】

〔実験2〕

実験2では、固浸レンズと半導体デバイスとの物理的な固着度を測定した。この実験では、上記実験1と同様の実施例および比較例に係る固浸レンズをそれぞれ用いた。

【0081】

この実験の手順を説明すると、固浸レンズと、半導体デバイスとを上記光学密着液で光学的に密着させた。この状態で、図7に示すように、固浸レンズ1に圧力Fを加えて固浸レンズ1が動き出す圧力の大きさを測定した。この実験を実施例（本発明に係る固浸レンズ）および比較例について行った。その結果を密着剥離力として、表1に示す。ここで、比較例の固浸レンズは、実験1と同様のものを用いた。

【表1】

	輝度値[A. u.]	動き出す確率	密着剥離力
実施例	6	約70%	約30g重
比較例	7	約20%	約50g重

【0082】

表1からわかるように、実験1における輝度の測定では、実施例は比較例に若干劣るものの、ほぼ同じ輝度値を示すものである。この結果から、実施例および比較例とも、半導体デバイスを観察する際に輝度値に大きな違いがないことがわかった。

【0083】

また、光学密着液を滴下した後、固浸レンズが動き出す確率は、実施例が約70%であるのに対して、比較例は約20%と非常に低い結果となった。この結果から、観察後、半導体デバイスから固浸レンズを分離させる際、実施例の方が比較例よりも非常に容易に固浸レンズを分離させることができることがわかった。

【0084】

さらに、半導体デバイスに密着させた固浸レンズに力を加えた際、本実施形態に係る固浸レンズは、約30g重の力で動き出すのに対して、比較例では約50g重の力で動き出した。従来例では、固浸レンズと半導体デバイスとの密着面積が大きいことから、密着剥離力は強いものとなっているが、比較例に対して、実施例は、密着剥離力が大きく劣ることはないという結果となった。

【図面の簡単な説明】

【0085】

【図1】本実施形態に係る固浸レンズを半導体基板に取り付けた状態を示す図であり、（a）は側面図、（b）は裏面図である。

【図2】本実施形態に係る固浸レンズを有する半導体検査装置のブロック構成図である。

【図3】固浸レンズと半導体デバイスとの密着状態を示す図であり、（a）は側面図、（b）は正面図である。

【図4】（a）は、本実施形態に係る固浸レンズと半導体デバイスとの間の拡大断面図、（b）は、従来例に係る固浸レンズと半導体デバイスとの間の拡大断面図である。

【図5】半導体デバイスから固浸レンズに光が伝達される状態を示す図であり、（a）

)は側面図、(b)は正面図である。

【図6】実験1の実験方法の実施状態を示す側面図。

【図7】実験2の実験方法の実施状態を示す側面図。

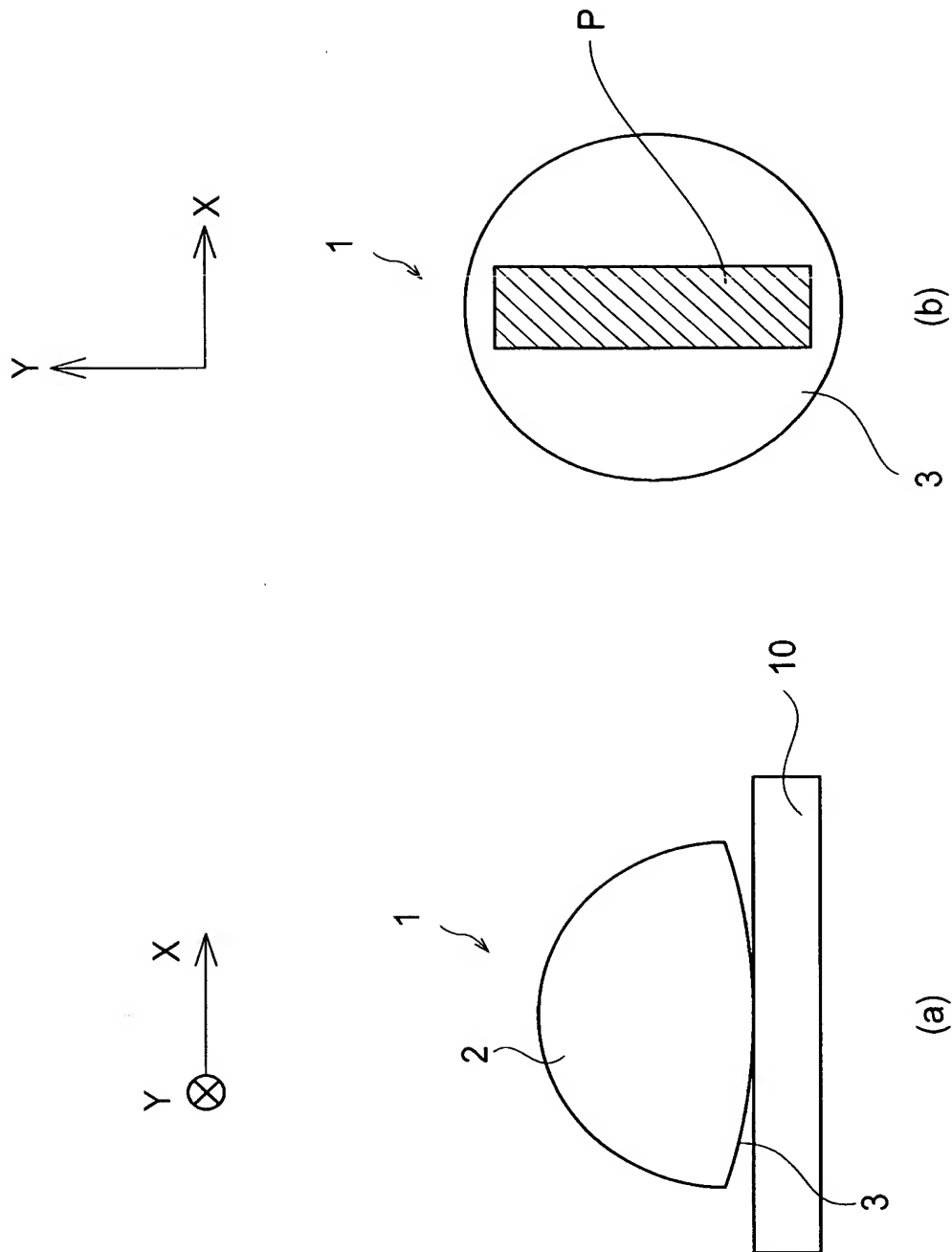
【図8】固浸レンズの底面の曲率半径と、観察対象物とを密着させる際に必要な圧力との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

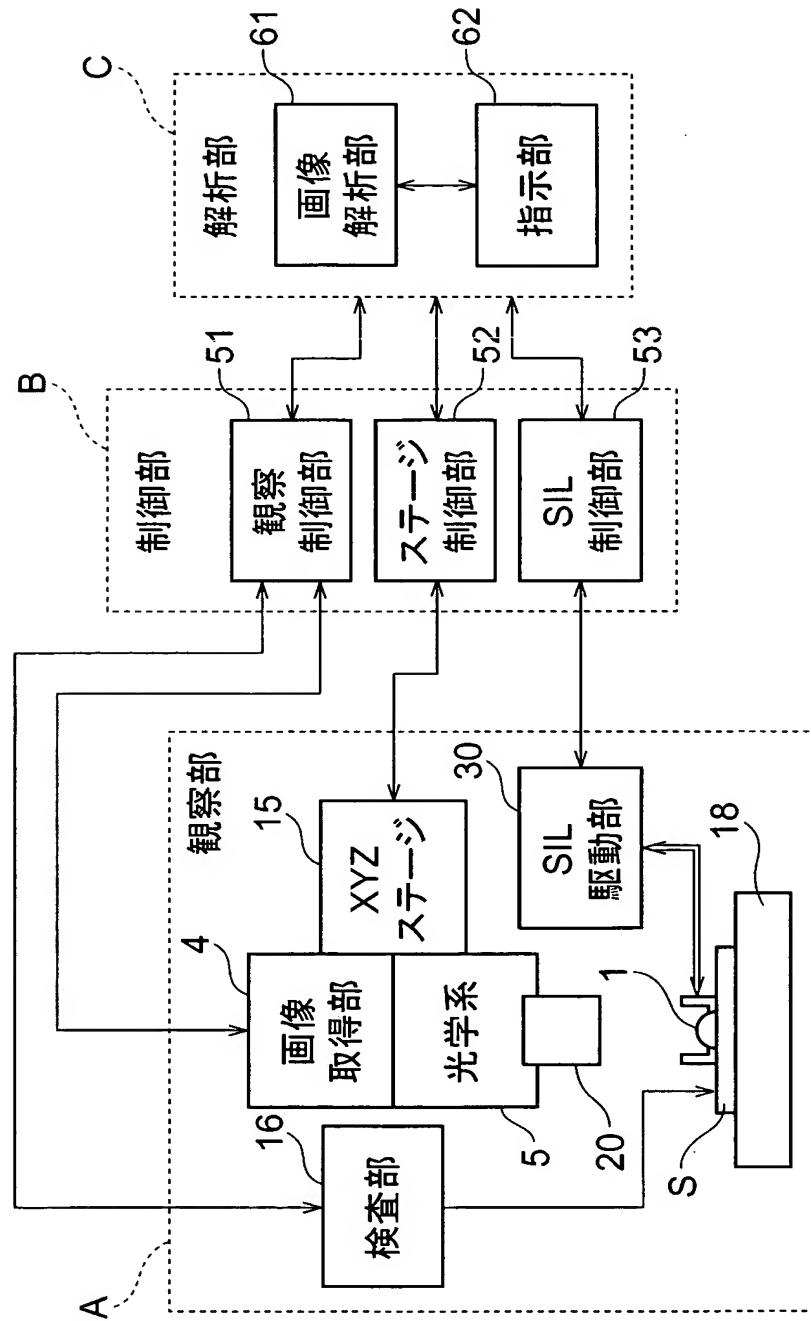
【0086】

1, 6…固浸レンズ、2…球状部、3…底面部、4…画像取得部、5…光学系、10…半導体基板、15…ステージ、16…検査部、18…ステージ、20…対物レンズ、30…固浸レンズ駆動部、51…観察制御部、52…ステージ制御部、53…固浸レンズ制御部、61…画像解析部、62…指示部、A…観察部、B…制御部、C…解析部、L…光、S…半導体デバイス、W…光学密着液。

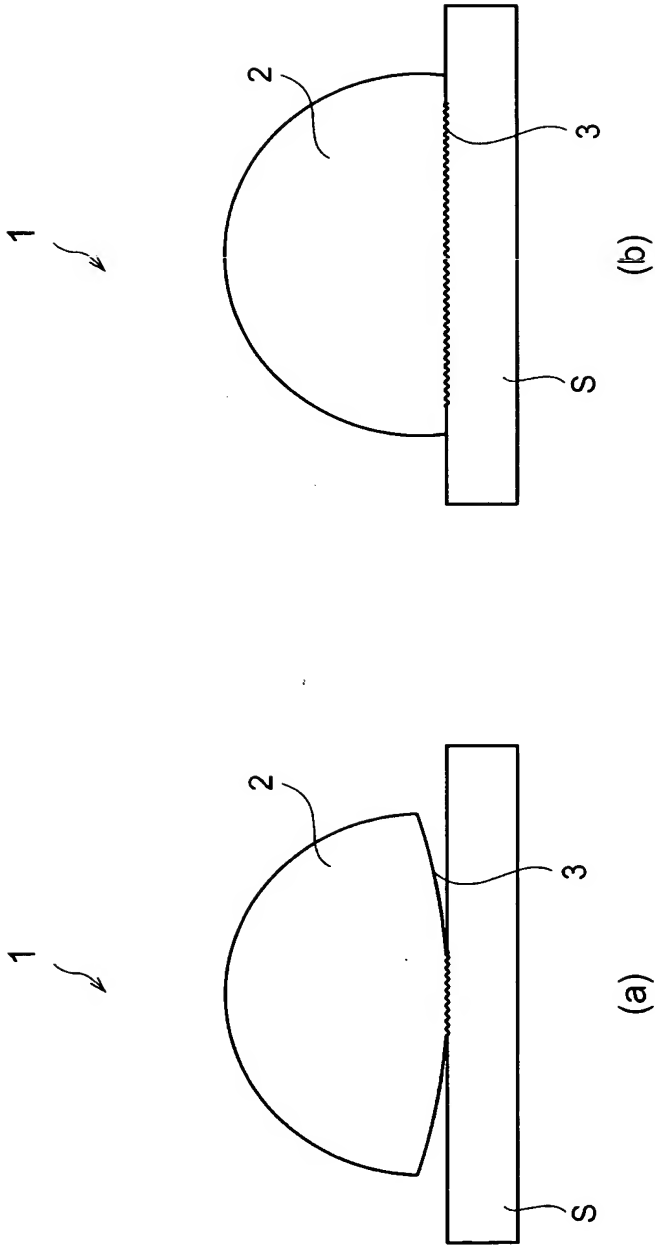
【書類名】 図面
【図 1】



【図 2】

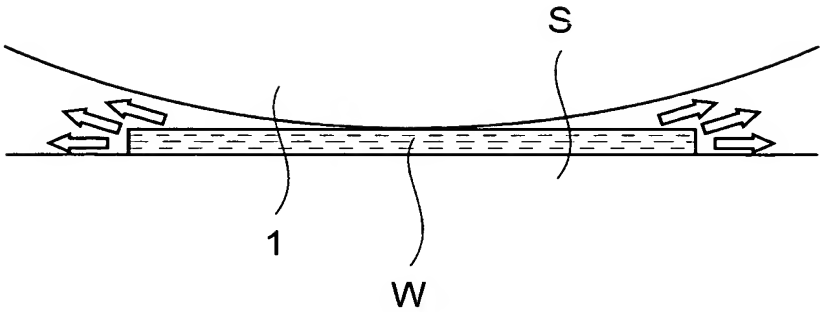


【図 3】

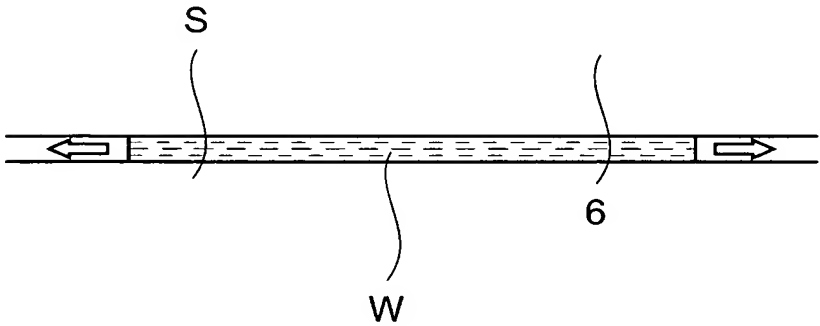


【図 4】

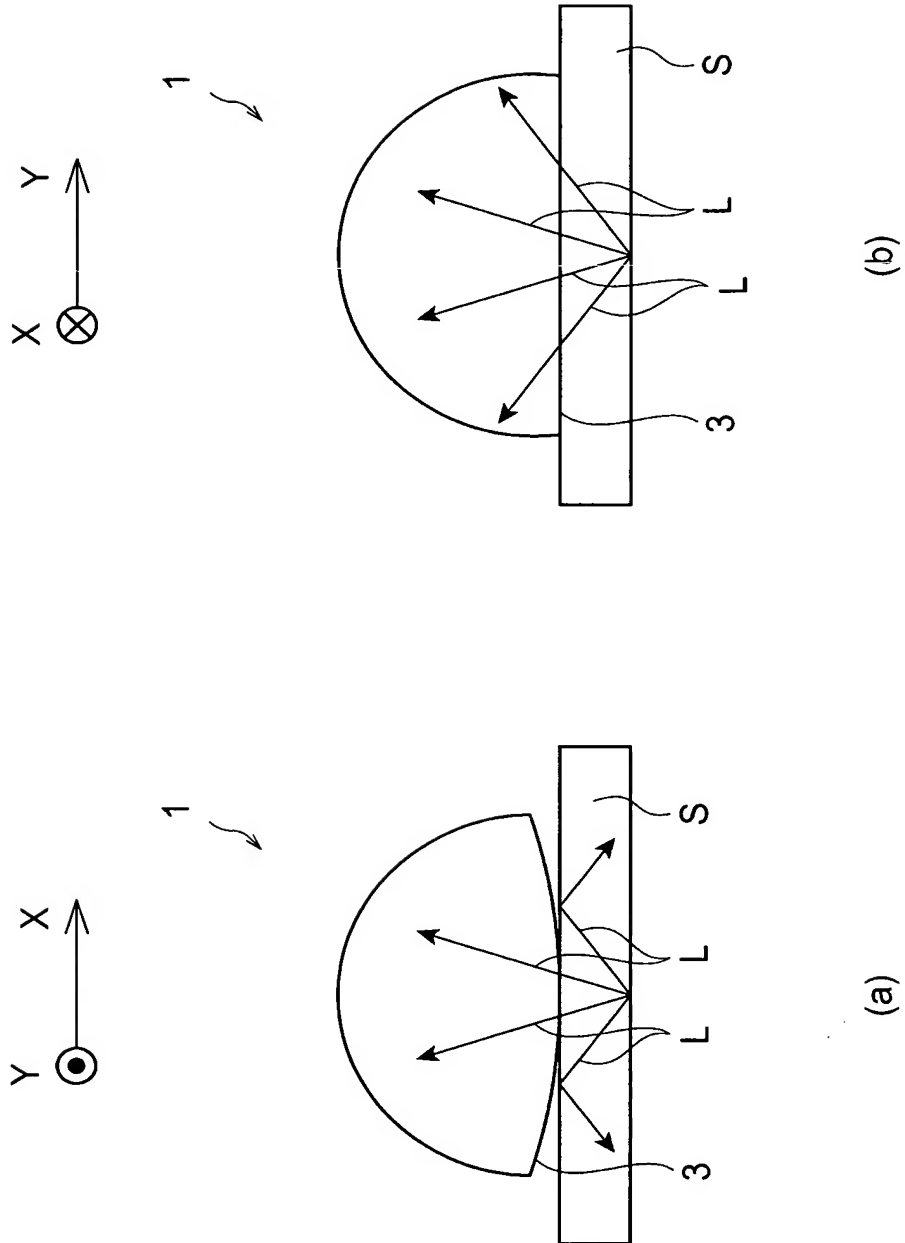
(a)



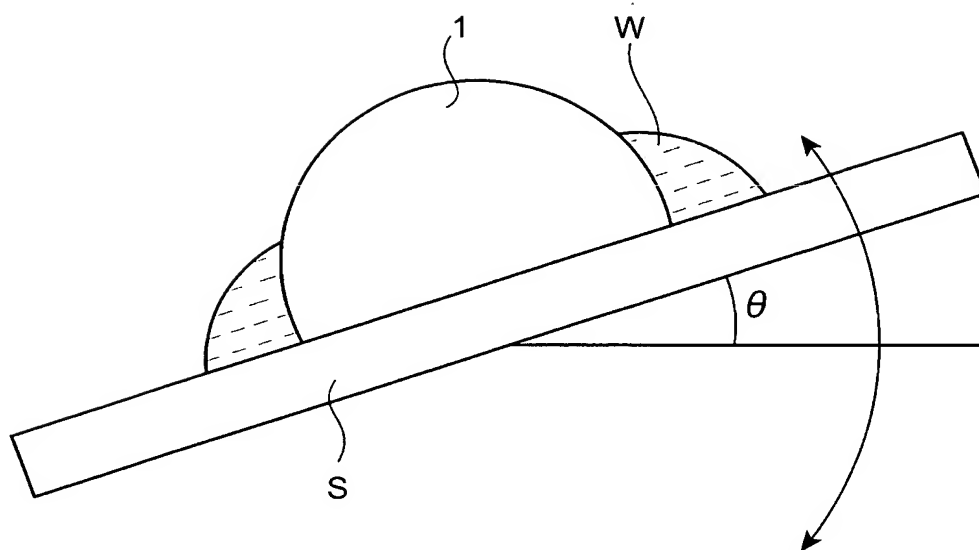
(b)



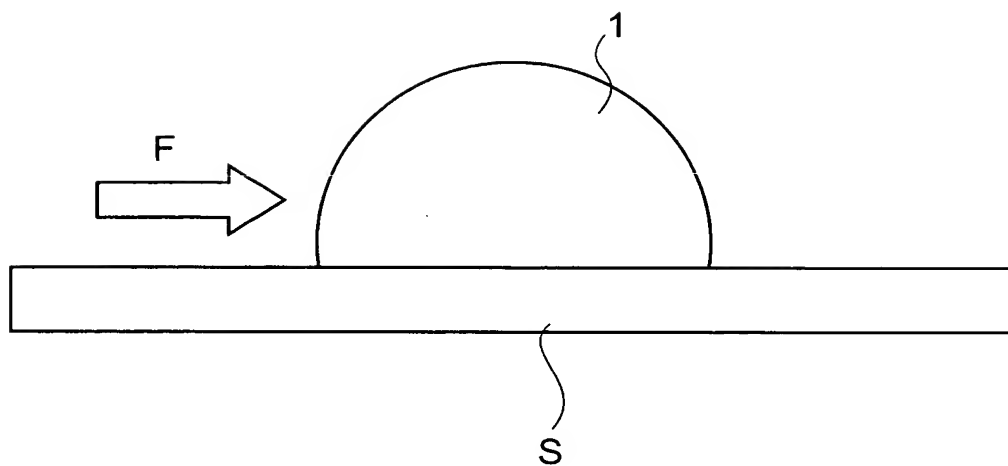
【図 5】



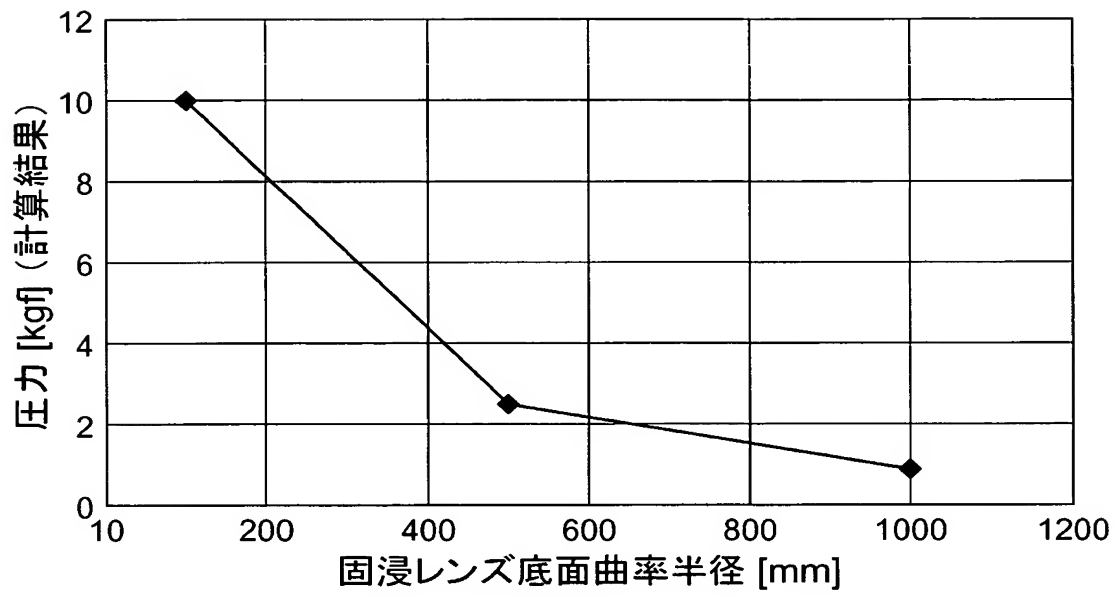
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 観察後、観察対象物から容易に分離させることができるとともに、観察時には NA の高い光束を通すことができる固浸レンズを提供する。

【解決手段】 固浸レンズ 1 は、球状部 2 および底面部 3 を備えている。底面部 3 は、観察対象物となる半導体デバイスにおける基板 10 に密着して取り付けられる。この固浸レンズ 1 における底面部 3 は、シリンドリカル形状に形成されている。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 7 3 0 5 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 2 3 6 4 3 6]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 1 0 日

[変更理由] 新規登録

住 所 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1

氏 名 浜松ホトニクス株式会社